

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
16. Oktober 2003 (16.10.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 03/085738 A2(51) Internationale Patentklassifikation⁷: **H01L 25/16**,
23/373

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HABLE, Wolfram**
[DE/DE]; Karlsbader-Str. 10, 92318 Neumarkt (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/01067

(74) Anwalt: **SCHWEIGER, Martin**; Karl-Theodor-Str. 69,
80803 München (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:
1. April 2003 (01.04.2003)

(81) Bestimmungsstaaten (national): BR, CN, JP, KR, US.

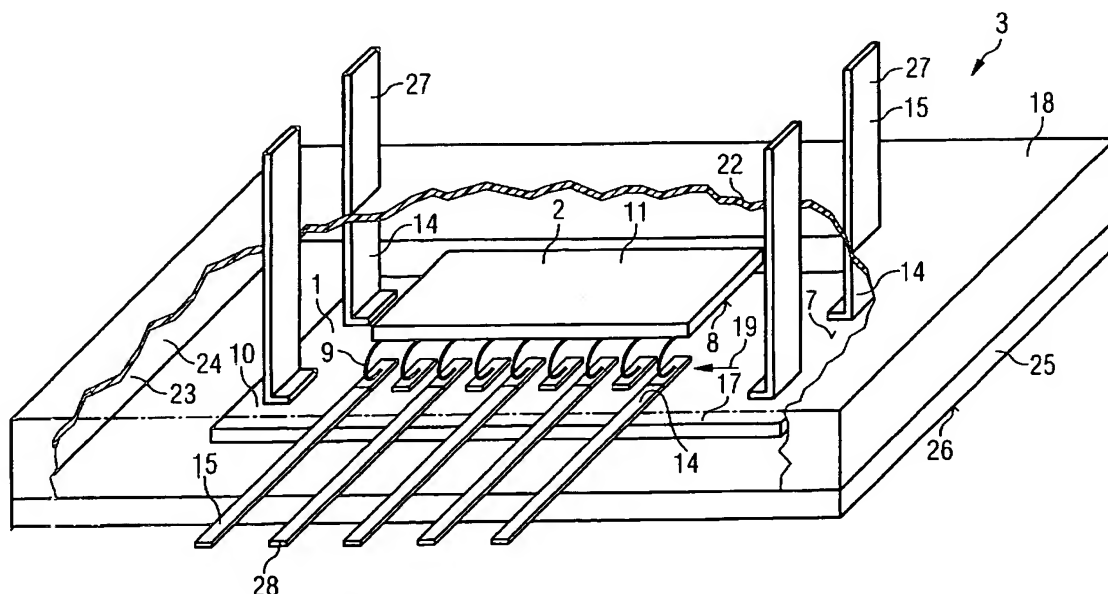
(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

Veröffentlicht:(30) Angaben zur Priorität:
102 14 953.4 4. April 2002 (04.04.2002) DE— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-
öffentlichen nach Erhalt des Berichts(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von
US): **INFINEON TECHNOLOGIES AG** [DE/DE]; St.-
Martin-Str. 53, 81669 München (DE).Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: POWER MODULE COMPRISING AT LEAST TWO SUBSTRATES AND METHOD FOR PRODUCING THE SAME

(54) Bezeichnung: LEISTUNGSMODUL MIT MINDESTENS ZWEI SUBSTRATEN UND VERFAHREN ZU SEINER HER-
STELLUNG

(57) Abstract: The invention relates to a power module (3) and a method for producing the same. Said power module (3) comprises a first substrate (1) which is provided with power semiconductor chips (4) and a second substrate (2) which is fitted with signal semiconductor chips (5). Said substrates (1) and (2) are aligned one above the other in a parallel manner, their component sides (7) and (8) being arranged in relation to each other. The second substrate (2) is held at a defined distance (d) from the first substrate (1) by means of contacting wire (9) which is bent in the form of a hinge, and is mechanically fixed and electrically connected in a plastic housing (18).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Leistungsmodul 3 und ein Verfahren zu dessen Herstellung. Das Leistungsmodul 3 weist ein erstes Substrat 1 mit Leistungshalbleiterchips 4 und ein zweites Substrat 2 auf, das mit Signalhalbleiterchips 5 bestückt ist. Die Substrate 1 und 2 sind parallel übereinander ausgerichtet, wobei ihre Bestückungsseiten 7 und 8 zueinander angeordnet sind und wobei das zweite Substrat 2 mit Hilfe schamierartig gebogener Bonddrähte 9 in einem definierten Abstand d von dem ersten Substrat 1 gehalten und in einem Kunststoffgehäuse 18 mechanisch fixiert und elektrisch verbunden ist.

Beschreibung

Leistungsmodul mit mindestens zwei Substraten und Verfahren zu seiner Herstellung

Die Erfindung betrifft ein Leistungsmodul mit mindestens zwei Substraten und ein Verfahren zu seiner Herstellung.

Um intelligente Leistungsmodule zu schaffen, werden zunehmend Logikschaltungen und passive Bauelemente neben den Leistungsbaulementen in Hybridbauweise in einem Leistungsmodul integriert. Mit zunehmender Zahl von Signalhalbleiterchips auf der Substratfläche wird der Bedarf an teurer Substratkeramik ständig größer, so dass die Kosten für intelligente Leistungsmodule ständig steigen. Diese Kosten können auch nicht dadurch vermindert werden, dass mehrere Substrate übereinander gestapelt werden, zumal die Stütz- und Verbindungstechnik bei gestapelten Strukturen ebenfalls die Kosten in die Höhe treibt.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Leistungsmodul anzugeben, das sowohl Leistungshalbleiterchips als auch Signalhalbleiterchips aufweist, das einfach und preiswert herzustellen ist und den Flächenbedarf für ein Substrat mit Halbleiterchips trotz zusätzlicher Signalhalbleiterchips nicht vergrößert.

Diese Aufgabe wird mit dem Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Ansprüchen.

Erfindungsgemäß wird ein Leistungsmodul mit einem ersten Substrat, das mit Leitungshalbleiterchips bestückt ist und einem zweiten Substrat, das mit Signalhalbleiterchips bestückt ist,

geschaffen. Dabei sind die Substrate in dem Leistungsmodul parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten zueinander angeordnet. Die beiden Bestückungsseiten sind elektrisch miteinander über scharnierartig gebogene Bonddrähte verbunden, wobei die Bonddrähte gleichzeitig den Abstand zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat definieren und mechanisch das zweite Substrat über dem ersten Substrat in einem Kunststoffgehäuse fixieren.

Ein derartiges Leistungsmodul hat den Vorteil, dass für die Leistungshalbleiterchips ein entsprechend wärmefestes und wärmeleitendes Substrat vorgesehen werden kann, während für die Signalhalbleiterchip ein weitaus preiswerteres Substrat, das keine große Wärmebelastung erfährt, eingesetzt werden kann. Durch die scharnierartig gebogenen Bonddrähte entfällt weiterhin eine komplexe Stützmechanik, um den Abstand zwischen den beiden Substraten zu definieren, vielmehr kann das zweite Substrat mit Hilfe der scharnierartig gebogenen Bonddrähte in einem definierten Abstand von dem ersten Substrat gehalten werden, wobei sich die beiden Bestückungsseiten gegenüberstehen. Die scharnierartig gebogenen Bonddrähte bilden außerdem eine mechanische Fixierung der Position des zweiten Substrats über dem ersten Substrat und beide Substrate einschließlich ihrer Halbleiterchips können in diesem über scharnierartig gebogene Bonddrähte definierten Zustand in eine Kunststoffmasse eingebettet sein.

Das mit Leistungshalbleiterchips bestückte Substrat kann eine Keramikplatte aufweisen, die einerseits eine gute Wärmeableitung ermöglicht und andererseits eine hohe Temperatur- bzw. Wärmefestigkeit aufweist. Damit wird gewährleistet, dass die Leistungshalbleiterchips ihre volle Verlustwärme über die Keramikplatte abführen können. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr

kann die Keramikplatte auf einer Wärmesenke aus einer Kupferplatte montiert sein. Um möglichst viele Funktionen mit einer derartigen Keramikplatte zu realisieren kann das mit Leistungshalbleiterchips bestückte Substrat eine mehrlagige Keramikplatte aufweisen. In einer derartigen mehrlagigen Keramikplatte wechseln sich isolierende Lagen mit metallischen Strukturen ab, wobei die metallischen Strukturen der einzelnen Metall-Lagen über Durchkontakte durch die Isolationslagen untereinander verbunden sind.

Für die geringe Verlustleistung erzeugenden Signalhalbleiterchips ist ein zweites Substrat vorgesehen, das eine Leiterplatte aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufweist. Dieser glasfaserverstärkte Kunststoff kann auf das Aufdehnungsverhalten des Halbleiterchips abgestimmt sein. Insbesondere durch die Ausrichtung der Glasfasern in x- und y-Richtung kann das mit Signalhalbleiterchips bestückte Substrat einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten aufweisen, der annähernd dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten eines Halbleiterchips wie Silicium entspricht. In z-Richtung kann jedoch der thermische Ausdehnungskoeffizient des zweiten Substrats für die Signalhalbleiterchips einen für Kunststoff üblichen Wert aufweisen, da in z-Richtung dem Substrat für die Signalhalbleiterchips keine thermischen Ausdehnungsbeschränkungen auferlegt werden müssen.

Bei dichter Bestückung des zweiten Substrats mit Signalhalbleiterchips kann es vorteilhaft sein, dass als zweites Substrat eine mehrlagige Leiterplatte aus glasfaserverstärktem Kunststoff eingesetzt wird. Ein derartiges zweites Substrat aus einer glasfaserverstärkten Leiterplatte kann Logikhalbleiterbauteile, Signalhalbleiterchips, integrierte Steuerungschaltungen, integrierte Treiberschaltungen oder auch Tempe-

ratorsensoren die Einsatzmöglichkeiten des Leistungsmoduls erweitern.

Das mit Signalhalbleiterchips bestückte zweite Substrat kann darüber hinaus passive Komponenten, wie Widerstände, Kondensatoren oder Induktivitäten aufweisen, die sowohl in Dünnschichttechnik als auch in Dickschichttechnik auf der Leiterplatte des zweiten Substrats realisierbar sind.

Im Gegensatz zu dem zweiten Substrat aus einer Leiterplatte mit Signalhalbleiterchips, die nur geringe Verlustwärme entwickeln, sind auf dem ersten Substrat Leistungshalbleiterchips, wie bipolare Leistungstransistoren mit isoliertem Gate, angeordnet, die eine hohe Verlustleistung aufweisen und diese Verlustleistung über eine entsprechend gut wärmeleitende Keramikplatte als Substrat an die Umgebung abgeben. Anstelle von bipolaren Leistungstransistoren kann das erste Substrat auch Leistungshalbleiterchips als Metalloxid-Leistungsfeldeffekttransistoren aufweisen. Diese, abgekürzt MOS-Leistungstransistoren entwickeln ebenfalls eine hohe Verlustwärme, so dass eine Keramikplatte als erstes Substrat für diese Leistungshalbleiterchips geeignet erscheint. Ein weiterer Vorteil von Keramikplatten für derartige Leistungshalbleiterchips ist, dass Keramikplatten mit ihrem thermischen Ausdehnungskoeffizienten relativ genau an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des Halbleitermaterials angepaßt werden kann. Somit entstehen trotz erheblicher Verlustwärmentwicklung keine erheblichen thermischen Spannungen zwischen den Leistungshalbleiterchips und dem ersten Substrat.

Zur Schaffung intelligenter Leistungsmodule sollen die Signalhalbleiterchips auf der zweiten Halbleiterplatte mit den Leistungshalbleiterchips auf dem ersten Substrat elektrisch

zusammenwirken. Dieses wird über Leiterbahnen auf dem zweiten Substrat mit Signalhalbleiterchips und den scharnierartig gebogenen Bonddrähten, die mit entsprechenden Leiterbahnen auf dem ersten Substrat in Verbindung stehen, erreicht.

Die scharnierartig gebogenen Bonddrähte können Aluminium und/oder eine Aluminiumlegierung aufweisen und haben eine Mindestdicke von 100 Mikrometer, um die mechanische Festigkeit beziehungsweise den definierten Abstand zwischen dem ersten Substrat und dem zweiten Substrat zu halten. Aufgrund der Verarbeitbarkeit von Aluminiumbonddrähten liegt die obere Grenze für den Durchmesser der Aluminiumbonddrähte bei etwa 300 Mikrometer.

Ein Verfahren zur Herstellung eines Leistungsmoduls mit einem ersten Substrat, das mit Leistungshalbleiterchips bestückt ist und einem zweiten Substrat, das mit Signalhalbleiterchips bestückt ist, weist folgende Verfahrensschritte auf:

Zunächst wird ein erstes Substrat, das mit Leistungshalbleiterchips bestückt ist und ein zweites Substrat, das mit Signalhalbleiterchips bestückt ist, bereitgestellt. Diese beiden Substrate werden so zueinander ausgerichtet, dass ihre Bestückungsseiten benachbart nebeneinander angeordnet sind und Bondflächen aufweisende Randbereiche der Bestückungsseiten beider Substrate nebeneinander liegen. Dazu sind die Bondflächen auf den Randbereichen in einer Zeile nebeneinander angeordnet. Nach dem Ausrichten werden die Substrate an dem Bondflächen aufweisenden Randbereich mit Bonddrähten verbunden, die scharnierartig nebeneinander angeordnet werden.

Nach dem Herstellen aller Bondverbindungen in den Randbereichen des ersten und zweiten Substrats wird das zweite Sub-

strat um 180° unter Verbiegen der scharnierartig angeordneten Bonddrähte umgeklappt, so dass die Substrate parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten zueinander angeordnet sind. Abschließend werden die derart angeordneten Substrate zu Leistungsmodulen in einem Kunststoffgehäuse verpackt.

Dieses Verfahren hat den Vorteil, dass mit dem Herstellen der Bondverbindungen zwischen zwei in Zeilen angeordneten Bondflächenzeilen in den Randbereichen der beiden Substrate eine einfache Lösung gefunden ist, die einerseits preiswert zu realisieren ist, andererseits keine teure Substratfläche für Leistungshalbleiter verbraucht und schließlich voll automatisierbar ist. Auch das Umklappen des zweiten Substrats über das erste über Verbiegen der scharnierartig angeordneten Bondverbindungen zwischen den beiden Substraten kann mit Unterstützung eines Vakuumwerkzeuge automatisiert durchgeführt werden. Abschließend können die Substrate mit den Leistungshalbleiterchips und den Signalhalbleiterchips in einem Kunststoffgehäuse verpackt werden.

Zum Bereitstellen eines ersten Substrats mit Leistungshalbleiterchips wird zunächst eine Keramikplatte mit einer Leiterbahnstruktur beschichtet. In einem Randbereich dieser Leiterbahnstruktur wird eine Zeile nebeneinander unter vorgegebenem Rastermaß angeordneter Bondflächen vorgesehen. Danach werden auf dem ersten Substrat die Leistungshalbleiterchips angeordnet und untereinander sowie mit der Leiterbahnstruktur über Bonddrähte unter Freilassung der Bondflächenzeile verbunden. Schließlich können auf der Keramikplatte innere Flachleiterenden an dafür vorgesehenen Leiterbahnen der Leiterbahnstruktur angeordnet werden, wobei diese Flachleiterenden zu Außenflachleitern gehören, die einerseits mit Versor-

gungsspannungen verbunden werden können und andererseits für das Anlegen und Abgreifen von Signalen vorgesehen sind.

Zum Bereitstellen eines zweiten Substrats mit Signalhalbleiterchips wird eine Leiterplatte mit einer Leiterbahnstruktur versehen, die in einem Randbereich eine Zeile nebeneinander angeordneter Bondflächen aufweist, deren Anzahl und Rastermaß der Bondflächenzeile des ersten Substrats entspricht. Auf der Leiterbahnstruktur können dann die Signalhalbleiterchips angeordnet werden und über Bonddrähte unter Freilassung der Bondflächenzeile verbunden werden. Da das Substrat für die Signalhalbleiterchips eine Leiterplatte ist, können relativ preiswert beliebig viele Signalhalbleiterchips auf der Leiterplatte untergebracht werden. Diese Signalhalbleiterchips können Logikschaltungen, Sensorschaltungen, passive Bauelemente, Treiberschaltungen und andere Steuerschaltungen aufweisen.

Als Sensorschaltungen werden bevorzugt Temperatursensoren eingesetzt, um beispielsweise das Leistungsmodul thermisch zu überwachen. Vor einem Verbinden der beiden Substrate über entsprechend scharnierartig angeordnete Bonddrähte werden die beiden Substrate derart zueinander ausgerichtet, dass die Bondflächenzeilen der Substrate nebeneinander angeordnet sind. Somit ist mit einer einfachen und preiswerten Bondverbindungstechnik ein elektrisches und mechanisches Verbinden der beiden zueinander ausgerichteten Substrate auf den aufeinander angepaßten Bondflächen möglich.

Das Verbinden kann mittels Thermokompressions-Sonicbonden von Aluminium und/oder Aluminiumlegierungsbonddrähten erfolgen, wobei diese Bonddrähte einen Durchmesser aufweisen, der mindestens 100 Mikrometer beträgt, um die mechanische Stabilität

zu gewährleisten. Aufgrund der üblichen Bondwerkzeuge ist dieser Durchmesser nach oben hin begrenzt und sollte 300 Mikrometer nicht übersteigen.

Mittels eines Vakuumwerkzeugs kann dann vollautomatisch das Umklappen des zweiten Substrats um 180° unter Verbiegen der scharnierartig angeordneten Bonddrähte erfolgen, so dass die Substrate parallel übereinander ausgerichtet sind und ihre Bestückungsseiten zueinander angeordnet sind. Auf diese Weise wird gleichzeitig eine sehr kompakte Anordnung aus zwei mit Halbleiterchips bestückten Substraten für ein Leistungsmodul geschaffen. Diese kompakte Anordnung der beiden Substrate kann anschließend in einem Kunststoffgehäuse mittels Spritzgußtechnik unter Einbetten der übereinander angeordneten Substrate in eine Kunststoffgehäusemasse erfolgen.

Eine weitere Möglichkeit das Leistungsmodul zu verpacken besteht darin, die beiden aufeinandergeklappten Substrate in einem vorgefertigten Kunststoffgehäuse anzuordnen und anschließend die Hohlräume zwischen den Substraten und dem vorgefertigten Kunststoffgehäuse mit Siliconmasse aufzufüllen. Vor dem Anordnen eines Kunststoffgehäuses über den beiden Substraten kann das erste Substrat, auf dem die Leistungshalbleiterchips angeordnet sind auf einer Metallplatte, die vorzugsweise Kupfer oder eine Kupferlegierung aufweist, montiert werden. Diese Metallplatte bildet einerseits eine Außenwand für das Kunststoffgehäuse und andererseits eine wirkungsvolle Wärmesenke für die Verlustwärme.

Nach dem Verpacken des Leistungsmoduls in einem Kunststoffgehäuse ragen Außenflachleiter aus dem Kunststoffgehäuse heraus, die einerseits mit den Leistungshalbleiterchips und andererseits über die scharnierförmig gebogenen Bonddrähte mit

den Signalhalbleiterchips elektrisch verbunden sind. Die Querschnitte dieser Außenflachleiter können der Leistungsaufnahme für die Leistungshalbleiterchips angepaßt sein und einen größeren Querschnitt aufweisen als Außenflachleiter, die für die Leistungshalbleiterchips bereitgestellt werden.

Die Erfindung wird nun anhand von Ausführungsformen mit Bezug auf die beiliegenden Figuren näher erläutert.

Figur 1 zeigt eine schematische, teilweise aufgebrochene, perspektivische Ansicht einer ersten Ausführungsform der Erfindung,

Figuren

2 bis 6 zeigen Prinzipskizzen von Ergebnissen und Zwischenprodukten eines Verfahrens zur Herstellung eines Leistungsmoduls gemäß weiterer Ausführungsformen der Erfindung,

Figur 2 zeigt ein Keramiksubstrat mit Leistungshalbleiterchips und einer Reihe von Außenflachleitern für eine Leistungsübertragung und eine weitere Reihe von Außenflachleitern für eine Signalübertragung,

Figur 3 zeigt eine Prinzipskizze mit einem ersten Substrat, auf dem Leistungshalbleiterchips angeordnet sind und einem zweiten Substrat, das Signalhalbleiterchips aufweist, wobei die Substrate über scharnierartige Bonddrähte miteinander verbunden sind.

Figur 4 zeigt einen schematischen Querschnitt durch ein Leistungsmodul vor und nach dem Umklappen des zweiten Substrats,

Figur 5 zeigt eine perspektivische Prinzipskizze eines Leistungsmoduls mit umgeklapptem zweiten Substrat,

Figur 6 zeigt eine perspektivische Prinzipskizze eines Leistungsmoduls einer weiteren Ausführungsform der Erfindung,

Figur 1 zeigt eine schematische, teilweise aufgebrochene, perspektivische Ansicht eines Leistungsmoduls 3 einer ersten Ausführungsform der Erfindung. Das Bezugszeichen 1 kennzeichnet eine Keramikplatte, die als Substrat 1 nicht gezeigte Leistungshalbleiterchips aufweist. Das Bezugszeichen 2 kennzeichnet ein zweites Substrat, das eine Leiterplatte 11 aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufweist und über scharnierartig gebogene Bonddrähte 9 über das erste Substrat 1 geklappt ist. Das Bezugszeichen 7 kennzeichnet die Bestückungsseite des ersten Substrats und das Bezugszeichen 8 kennzeichnet die Bestückungsseite des zweiten Substrats.

Die beiden Bestückungsseiten 7 und 8 sind einander zugewandt, da die beiden Substrate übereinandergeklappt in dem Kunststoffgehäuse 18 angeordnet sind. In dieser Ausführungsform der Erfindung sind vier Außenflachleiter 27 für die Leistungsversorgung der Leistungshalbleiterchips auf dem ersten Substrat 1 mit ihren inneren Flachleiterenden angeordnet und ragen vertikal aus dem Kunststoffgehäuse 18 heraus. Horizontal ragen fünf Außenflachleiter 28 für Signalübertragungen aus dem Kunststoffgehäuse heraus und sind mit ihren inneren Flachleiterenden auf dem Keramiksubstrat befestigt und über die Bonddrähte 9 elektrisch mit den Signalhalbleitern auf dem zweiten Substrat 2 verbunden.

Die scharnierartig gebogenen Bonddrähte 9 sind in einem vorgegebenen Rastermaß auf einer Bondflächenzeile 19 in dem Randbereich 17 der Keramikplatte 10 des ersten Substrats 1 angeordnet. Die Keramikplatte 10 ist auf einer Metallplatte 25 montiert, die in dieser Ausführungsform der Erfindung als Wärmesenke dient und eine Außenwand 26 des Kunststoffgehäuses 18 bildet. Das Kunststoffgehäuse 18 besteht aus einem vorgefertigten Kunststoffgehäuseteil 22, der auf die Metallplatte 25 aufgesetzt ist, und der Hohlraum 23 zwischen dem vorgeformten Kunststoffgehäuse 22 und den Substraten 1 und 2 wird nach dem Aufsetzen auf die Metallplatte mit einer Siliconmasse vergossen.

Mit diesem Aufbau läßt sich preiswert und kompakt ein Leistungsmodul realisieren, das seine Sensoren, Logikschaltungen, Steuerschaltungen und/oder Treiberschaltungen auf dem zweiten Substrat 2 angeordnet hat und auf dem intensiv gekühlten ersten Substrat 1 die Leistungshalbleiterchips in Form MOS-Leistungstransistoren oder bipolaren Leistungstransistoren mit isoliertem Gate oder Leistungsdiolen aufweist.

Die Figuren 2 bis 6 zeigen Prinzipskizzen von Ergebnissen und Zwischenprodukten eines Verfahrens zur Herstellung eines Leistungsmoduls gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung. Komponenten der Figuren 2 bis 6 mit gleichen Funktionen wie in Figur 1 werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet und nicht extra erörtert.

Figur 2 zeigt ein Keramiksubstrat 1 mit Leistungshalbleiterchips 4 und einer Reihe von Außenflächleitern 27 für eine Leistungsübertragung und eine weitere Reihe mit Außenkontakten 28 für Signalübertragungen. Dabei weisen die Außenflächleiter 28 für Signalübertragungen einen kleineren Querschnitt

auf als die Außenflachleiter 27 für Leistungsübertragung. Auf der Keramikplatte 10 sind Leistungsdioden 29 und Leistungstransistoren 30 angeordnet, die über Bondverbindungen 13 untereinander und mit einer nicht gezeigten Leiterbahnstruktur verbunden sind.

Eine Zeile 19, die im Randbereich 17 des Keramiksubstrats 10 angeordnet ist, weist Bondflächen 16 auf, die von Bondverbindungen 13 freigehalten sind. Diese Bondflächen 16 stehen jedoch mit der nicht gezeigten Leiterbahnstruktur elektrisch in Verbindung. Außerdem stehen diese Bondflächen teilweise mit den Außenflachleitern 28 für Signalübertragungen über die Leiterbahnstruktur auf dem Keramiksubstrat 10 elektrisch in Verbindung.

Figur 3 zeigt eine Prinzipskizze mit einem ersten Substrat 1, auf dem Leistungshalbleiterchips 4 angeordnet sind und mit einem zweiten Substrat 2, das Signalhalbleiterchips aufweist, wobei die Substrate 1 und 2 über scharnierartige Bonddrähte 9 miteinander mechanisch und elektrisch verbunden sind. Das zweite Substrat 2 aus einer glasfaserverstärkten Leiterplatte 11 kann Logikchips 12, Steuer- oder Treiberchips 31 und/oder Temperatursensorchips 32 aufweisen, um ein intelligentes Leistungsmodul zu schaffen. Dieses zweite Substrat 2 weist eine nicht im Detail gezeigte Leiterbahnstruktur auf, die mit den Signalhalbleiterchips 5 über Bonddrähte 33 elektrisch verbunden ist. Dabei wird eine Zeile 20 von Bondflächen 16 von internen Bonddrähten 13 des Substrats 2 freigehalten.

Die Bondflächenzeile 20 im Randbereich 17 des Substrats 2 ist derart ausgerichtet, dass sie parallel zu der Bondflächenzeile 19 des Substrats 1 angeordnet ist. Mit einem preiswerten Bondverfahren können somit scharnierartige Bonddrähte 9 aus

Aluminium mit einem Mindestdurchmesser von 100 Mikrometer die Bondflächen 16 der Bondzeile 20 mit den Bondflächen 16 der Bondzeile 19 verbinden, so dass das Keramiksubstrat 10 mit der Leiterplatte 11 scharnierartig verbunden ist. Die Bonddrähte 9 bilden nicht nur ein mechanisches Scharnier, sondern dienen gleichzeitig der elektrischen Verbindung zwischen der Leiterbahnstruktur des Keramiksubstrats 10 und der Leiterbahnstruktur der Leiterplatte 11.

Figur 4 zeigt eine perspektivische Prinzipskizze eines Leistungsmoduls 3 mit umgeklapptem zweiten Substrat 2. Der Vorgang des Umklappens des zweiten Substrats 2 über das erste Substrat 1 wird in vier Positionen dargestellt, wobei die Pfeile A, B und C die Umklappbewegung für das zweite Substrat 2 darstellen. Bei diesem Umklappen verbiegen sich die Bonddrähte 9 scharnierartig und aufgrund ihrer Steifheit nach dem Verbiegen definieren sie den Abstand d zwischen dem ersten Substrat 1 und dem zweiten Substrat 2. Vor dem Umklappen sind die Bondflächen 16 in den Randbereichen 17 der beiden Substrate 1 und 2 derart angeordnet, dass mit einem Bondwerkzeug der Bonddraht 9 sicher auf den Bondflächen 16 befestigt werden kann.

Das Umklappen kann mit Hilfe eines Vakuumwerkzeugs automatisch durchgeführt werden. Die Außenflachleiter 28 für eine Signalübertragung sind elektrisch über die Leiterbahnstruktur 34, die Bondflächen 16 und die scharnierartig gebogenen Bonddrähte 9 mit den Signalhalbleiterchips 6 des zweiten Substrats 2 elektrisch verbunden. Die Außenflachleiter 27, die ebenfalls auf dem Keramiksubstrat 10 mit ihren inneren Flachleiterenden 14 fixiert sind, sind über die Leiterbahnstruktur 34 und die Bondverbindungen 13 mit den Leistungshalbleiterchips 4 elektrisch verbunden. Mit der gestrichelten Linie 35

werden in Figur 4 die Umrisse einer Kunststoffgehäusemasse 21 dargestellt, die nach dem Umklappen des zweiten Substrats 2 aufgebracht werden kann.

Figur 5 zeigt eine perspektivische Prinzipskizze eines Leistungsmoduls 3 mit umgeklapptem zweiten Substrat 2. Die Kunststoffgehäusemasse ist in der Darstellungsform der Figur 5 weggelassen, um die relativ flache Anordnung der beiden Substrate 1 und 2 übereinander zu demonstrieren. Somit kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein kompaktes Leistungsmodul hergestellt werden, das ohne aufwendige Stützstrukturen und Verbindungsstrukturen zwischen den beiden Substraten 1 und 2 auskommt und dennoch ein Leistungsmodul 3 bildet, das mit intelligenter Steuerungs- und Logiktechnik ausgestattet ist.

Figur 6 zeigt eine perspektivische Prinzipskizze eines Leistungsmoduls 3 einer weiteren Ausführungsform der Erfindung, wobei mit den gestrichelten Linien 35 die Umrisse des Kunststoffgehäuses 18 gezeigt werden. Diese Ausführungsform der Erfindung nach Figur 6 unterscheidet sich von der Ausführungsform nach Figur 1 dadurch, dass sowohl die Außenflachleiter 27 für eine Leistungsübertragung als auch die Außenflachleiter 28 für eine Signalübertragung horizontal aus dem Kunststoffgehäuse 18 herausragen.

Patentansprüche

1. Leistungsmodul mit einem ersten Substrat (1), das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückt ist und einem zweiten Substrat (2), das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückt ist, wobei die Substrate (1, 2) in dem Leistungsmodul (3) parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten (7, 8) zueinander angeordnet sind, und scharnierartig gebogene Bonddrähte (9) die beiden Bestückungsseiten (7, 8) elektrisch miteinander verbinden und den Abstand (d) zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat (1, 2) definieren und mechanisch in einem Kunststoffgehäuse (18) fixieren.
2. Leistungsmodul nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückte erste Substrat (1) eine Keramikplatte (10) aufweist.
3. Leistungsmodul nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückte erste Substrat (1) eine mehrlagige Keramikplatte (10) aufweist.
4. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) eine Leiterplatte (11) aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufweist.
5. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass

das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) eine mehrlagige Leiterplatte (11) aus glasfaserverstärktem Kunststoff aufweist.

6. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) Logik-Halbleiterbauteile (12) aufweist.
7. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) Halbleiterchips (5) mit integrierten Steuerungsschaltungen aufweist.
8. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) Halbleiterchips (5) mit integrierten Treiberschaltungen aufweist.
9. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) Halbleiterchips (5) mit Temperatursensoren aufweist.
10. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückte zweite Substrat (2) Halbleiterchips (5) mit passiven Komponenten, wie Widerständen, Kondensatoren oder Induktivitäten aufweist.

11. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückte erste Substrat (1) Halbleiterchips (4) mit bipolaren Leistungstransistoren mit isoliertem Gate aufweist.
12. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückte erste Substrat (1) Halbleiterchips (4) mit Metalloxid-Leistungsfeldeffekttransistoren aufweist.
13. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungshalbleiterchips (4) auf dem ersten Substrat (1) über Bonddrähte (13) und/oder Leiterbahnen unmittelbar auf dem ersten Substrat (1) untereinander und mit inneren Flachleiterenden (14) von Außenflachleitern (15) verbunden sind.
14. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalhalbleiterchips (5) über Leiterbahnen auf dem zweiten Substrat (2) und die scharnierförmig gebogenen Bonddrähte (9) mit den Leistungshalbleiterchips (4) auf dem ersten Substrat (1) elektrisch und/oder mit Außenflachleitern (15) verbunden sind.
15. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die scharnierförmig gebogenen Bonddrähte (9) Aluminium und/oder einer Aluminiumlegierung aufweisen.

16. Leistungsmodul nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die scharnierförmig gebogenen Bonddrähte (9) einen Durchmesser zwischen 100 und 300 Mikrometern aufweisen.
17. Verfahren zur Herstellung eines Leistungsmoduls (3) mit einem ersten Substrat (1), das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückt ist und mit einem zweiten Substrat (2), das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückt ist, wobei die Substrate (1, 2) in dem Leistungsmodul (3) parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten (7, 8) zueinander angeordnet sind, und scharnierartig gebogene Bonddrähte (9) die beiden Bestückungsseiten (7, 8) elektrisch miteinander verbinden und den Abstand (d) zwischen dem ersten und dem zweiten Substrat (1, 2) definieren und mechanisch fixieren, wobei das Verfahren folgende Verfahrensschritte aufweist:
- Bereitstellen eines ersten Substrats (1), das mit Leistungshalbleiterchips (4) bestückt ist und eines zweiten Substrats (2), das mit Signalhalbleiterchips (5) bestückt ist,
 - Ausrichten der beiden Substrate (1, 2), so dass ihre Bestückungsseiten (7, 8) nebeneinander angeordnet sind und Bondflächen (16) aufweisende Randbereiche der Bestückungsseiten (7, 8) beider Substrate (1, 2) nebeneinander liegen,
 - Verbinden der Substrate (1, 2) an den Bondflächen (16) aufweisenden Randbereichen (17) mit Bonddrähten (9), die scharnierförmig nebeneinander angeordnet werden,
 - Umklappen des zweiten Substrats (2) um 180° unter Verbiegen der scharnierförmig angeordneten Bond-

- drähte (9), so dass die Substrate (1, 2) parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten (7, 8) zueinander angeordnet sind,
- Verpacken des Leistungsmoduls (3) in einem Kunststoffgehäuse (18).

18. Verfahren nach Anspruch 17,
dadurch gekennzeichnet, dass
zum Bereitstellen eines ersten Substrats (1) mit Leistungshalbleiterchips (4) eine Keramikplatte (10) mit einer Leiterbahnstruktur beschichtet wird, die in einem Randbereich (17) eine Zeile (19) nebeneinander unter vorgegebenen Rastermaß angeordneter Bondflächen (16) aufweist, wobei auf dem ersten Substrat (1) die Leistungshalbleiterchips (4) angeordnet werden und untereinander sowie mit der Leiterbahnstruktur über Bonddrähte (13) unter Freilassung der Bondflächenzeile (19) verbunden werden und wobei zusätzlich auf der Keramikplatte (10) innere Flachleiterenden (14) von Außenflachleitern (15) unter Verbinden mit der Leiterbahnstruktur fixiert werden.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder Anspruch 18,
dadurch gekennzeichnet, dass
zum Bereitstellen eines zweiten Substrats (2) mit Signalhalbleiterchips (5) eine Leiterplatte (11) mit einer Leiterbahnstruktur versehen wird, die in einem Randbereich eine Zeile (20) nebeneinander angeordnete Bondflächen (16) aufweist deren Anzahl und Rastermaß der Bondflächenzeile (19) des ersten Substrats (1) entspricht, wobei auf dem zweiten Substrat (2) die Signalhalbleiterchips (5) angeordnet werden und untereinander sowie mit

der Leiterbahnstruktur über Bonddrähte (13) unter Freilassung der Bondflächenzeile (20) verbunden werden.

20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass zum Ausrichten der beiden Substrate (1, 2) die Bondflächenzeilen (19, 20) der Substrate (1, 2) nebeneinander angeordnet werden, so dass Bonddrähte (9) auf den ausgerichteten und zueinander angepassten Bondflächen (16) der beiden Substrate (1, 2) hergestellt werden können.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Verbinden der Substrate (1, 2) durch Aufbringen von Bonddrähten (9) zwischen den Bondflächen (16) mittels Thermokompressions-Sonicbonden von Aluminium- und/oder Aluminiumlegierungs-Bonddrähten (9) mit einem Durchmesser zwischen 100 und 300 Mikrometern erfolgt.
22. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass das Umklappen des zweiten Substrats (2) um 180° unter Verbiegen der scharnierförmig angeordneten Bonddrähte (9), so dass die Substrate (1, 2) parallel übereinander ausgerichtet und ihre Bestückungsseiten (7, 8) zueinander angeordnet sind mittels eines Vakuumwerkzeugs erfolgt.
23. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Verpacken des Leistungsmoduls (3) in einem Kunststoffgehäuse (18) mittels Spritzgußtechnik unter Einbet-

ten der übereinander angeordneten Substrate (1, 2) in eine Kunststoffgehäusemasse (21) erfolgt.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass das Verpacken des Leistungsmoduls (3) in einem Kunststoffgehäuse (18) durch Anordnen der beiden Substrate (1, 2) in einem vorgefertigten Kunststoffgehäuse (22) erfolgt und die Hohlräume (23) zwischen den Substraten (1, 2) und dem vorgefertigten Kunststoffgehäuse (22) mit Siliconmasse (24) aufgefüllt werden.
25. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Verpacken des Leistungsmoduls (3) in einem Kunststoffgehäuse (18) das erste Substrat (1) auf einer Metallplatte (25) vorzugsweise aus Kupfer oder einer Kupferlegierung als Wärmesenke montiert wird, wobei die Metallplatte (25) eine Außenwand des Kunststoffgehäuses (18) bildet.
26. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass nach dem Verpacken des Leistungsmoduls (3) in einem Kunststoffgehäuse (18) Außenflachleiter (15) aus dem Kunststoffgehäuse (18) herausragen, die einerseits mit den Leistungshalbleiterchips (4) und andererseits über die scharnierförmig gebogenen Bonddrähte (9) mit den Signalhalbleiterchips (5) elektrisch verbunden sind, wobei als Außenflachleiter (15) für die Leistungshalbleiterchips (4) Außenflachleiter (15) mit einem größeren Querschnitt eingesetzt werden als Außenflachleiter (15) für Signalhalbleiterchips (5).